

DOI:10.16298/j.cnki.1004-3667.2017.06.06

工程教育范式:从回归工程走向融合创新^{*}

李茂国 朱正伟

摘要:“回归工程”的工程教育范式自20世纪90年代提出并实施至今已有20多年的时间。当前,新工业革命的浪潮即将到来,其实质是产业形态、工程技术、商业模式的综合变革。通过研究中两国工程教育的发展历程及其范式转换和演进历程,从工业革命的视角、科技革命的视角、大学范式转换的视角,并从三种新工业模型重新定义的工程的角度分析得出了我们必须要建立一种新的工程教育范式——“融合创新”范式,阐述了其特征和实现的途径。

关键词:新工业革命;工程教育范式;回归工程;融合创新

20世纪90年代初,以美国为代表的发达国家提出了“工程教育要回归工程”,也即工程教育的“工程范式”,这是符合当时的时代发展和社会进步要求的。二十多年后的今天,经济全球化逐渐成熟,“以信息技术为核心的新一轮科技革命正在孕育兴起,互联网日益成为创新驱动发展的先导力量,深刻改变着人们的生产生活,有力推动着社会发展。”^[1],而且新工业革命日趋明显,工程教育会产生什么样的范式呢?陶永建提出以建构主义学习理论为指引,以培养学生的建构思维、情境思维、创新思维、实践思维、协商思维和改善其认知结构、业务能力、文化素养为目标来改革高等工程教育范式^[2]。项聪指出设计是工程的本质,是通过“设计”这个环节来实现人们构思、设想的事物或产品如何能创造出来,进而使得工程能显著地区别于科学^[3]。基于此,他认为工程教育回归“工程范式”并没有回归“设计范式”贴切。但是,“设计范式”从根本上还是与“工程范式”同出一辙,是从工程过程的角度强调了工程教育要回归工程的这一要求,从设计在工程过程的重要性程度的角度提出用“设计范式”来替代“工程范式”。

设计确实是新工程、新产品出现的重要的创新过程,2008年Verganti也提出了“设计驱动型创新”这一新的产品创新模式^[4],王翠霞等认为创新是工程过程的本质,工程的实践性、系统性和创新性是工程教育范式和创模式共同演进的本质动力^[5];同时她认为,“工程系统环境的复杂变化,决定了创新模式的演

变和工程教育范式的演进”。另外,从美国工程教育的发展历程来看,工程教育体系是不断满足美国的军事和经济建设、社会进步和工程需要的^[6]。因此,工程教育范式的演进就必然与工程要求、科技发展和社会进步密不可分。

不久前,德、美等国提出各自的《2020高科技战略》和《国家先进制造战略计划》以应对悄然来袭的新工业革命;德国的工业4.0和美国的工业互联网也已经启动;中国社会已表现出新型工业化、信息化、新型城镇化、农业现代化和绿色化的“五化”融合态势;在2015年的政府工作报告中,李克强总理已经明确提出我国要实施“中国制造2025”战略,以使我国在未来的竞争中立于不败之地。新工业革命的实质是产业形态、工程技术、商业模式的综合变革。这对我们的工程教育提出了新的要求和挑战。正如冯·卡门教授所说:“科学家研究已有的世界,工程师创造未来的世界。”工程教育是为工业和工程培养和输送人才的,那么,面向新工业革命的工程教育范式将是什么样的呢?我们还能“在科学教育体系中从事工程教育”,还能亦步亦趋地学习美国模式或是欧洲大陆模式吗?为此,笔者对比研究了美、中两国工程教育的历史和范式的演进,分析了当前工程教育范式转换的动因,提出了工程教育范式应从“回归工程”走向“融合创新”的新范式。

一、工程教育范式与范式转换

1. 范式与工程教育范式。“范式”最初是由美国

^{*} 本文系教育部人文社会科学研究专项任务项目(工程科技人才培养研究)(13JJDGC024)的研究成果

科学哲学家托马斯·库恩(Thomas S. Kuhn)提出,他给出的定义是:范式主要是指科学研究中“那些公认的科学成就,它们在一段时间里为实践共同体提供典型的问题和解答。”^[7]范式具有以下3个特点,首先强调问题解决的理论、手段、示例和设备等,其次是针对同一类问题组成的“共同体”所关心和希望解决的,第三是有很强的时效性,即是在“一段时间”内。据此可以看出,范式就某一共同体而言是有世界观和方法论意义的,是他们看问题、解决问题的方式、方法的集合,是他们开展研究、进行实践的方向性指引,以此来研究和解决新问题。

根据范式的定义,我们可以得出工程教育范式是指在“工程教育共同体”内,工程教育的研究人员和工作者对工程教育相关领域内公认的问题或理论的本质进行研究或开展工作所持的一些共同的观点、理论或解决的手段、看法等。

2. 范式转换及其意义。库恩认为范式转换就是科学的成长或发展,从根本上来说,范式转换就是一种科学的革命。

至于范式转换的条件,库恩认为任何理论体系或实践手段都是围绕一定领域的假设命题,当这种理论体系或实践手段能较好地解释,进而能指导或解决遇到的该领域的大部分问题的时候,该范式是科学的,不需要转换,否则就需要转换。

范式转换是对传统的继承和超越,进而成为新的“传统”。范式转换不是新范式推翻旧范式,也不是全盘否定旧范式,而只是否定旧范式中已被证明不合理的部分,其中合理的部分则应包括在新范式中^[7]。叶民也认为美国工程教育范式从科学范式向工程范式演进,并不是否定科学技术在工程实践中的重要性,而是为了突出未来工程的特性,更加重视科技、文化、社会和生态环境等要素在未来工程中的作用^[6]。

通过对范式转换条件和动因的研究,我们能够更容易认识范式转换和教育发展的规律,更容易从时代发展趋势的角度来理解范式转换和教育发展的条件,进而推陈出新,奠定未来发展的基础^[7]。

二、工程教育的发展及其范式转换历程

当今世界工程教育最好的国家当属美国。据《泰晤士高等教育》世界大学工程与技术专业2013—2014年TOP12大学的排名,美国占据了8席,而且前5名全是美国的学校。因此,我们有必要研究一下美国工程教育的发展历程及其范式转换。现代意义上的中国工程技术教育已经有100多年的历史。建国以来,工程教育为国家经济社会发展做出了重大贡献。

目前我国工程(科)教育规模是全世界最大的。据《中国工程教育质量报告——面向工业界 面向世界 面向未来》报道,2014年我国普通高校本、专科层次工程教育招生数、毕业数分别为287万人和258万人,在校生规模达到971万多人,占全国普通高等学校本、专科在校生总数的39.3%;普通本科、专科专业中工学门类下设专业大类分别是31个和10个,专业点则分别为15718个和23875个^[8]。因此,有必要讨论一下我国工程教育的发展历程及其范式转换。

1. 美国工程教育的发展历程及其范式转换。美国系统、完整的工程教育,如果从1852年最早成立的美国土木工程师学会(ASCE)开始算起,已历经160多年,经历了初创、发展、领先和反思等四个阶段^[6]。与此相应地,美国工程教育的理念也从最初的注重实际到强调实践与理论的协调,再到综合的通才式教学逐渐成为主流,完成了美国工程教育模式从强调实用向强调科学教育的转变,这使得美国工程教育过于强调科学和理论分析,强化了对现象所代表内涵的认识和理解而忽视了工程实践和工程设计。

与其工程教育发展历程相对应,美国的工程教育范式也经历了从最初的技术范式(E1)到科学范式(S1),以及现在的工程范式(ES)三个范式的转换。二战之前,技术范式几乎都是工程教育的主宰,其时间长达近百年。技术范式以培养现场工程师为目标,重视实践,强调技术和动手操作,教育的内容以应用手册和公式为主。手工艺技术是当时主要的工程实践,因此,这个时期的工程教育模式以学徒制为主。技术范式满足了农业时代和工业时代初简单的生产需要。

二战后,美国基于对工程人才偏重技能和实践而普遍缺乏科学训练的反思,以及战后各国在对科学理论要求较高的工程领域的迫切需求的情况下,顺理成章地提出了实施“科学范式”。科学范式高度重视数学等自然科学,强调科学和理论分析,这就使得对工程师的培养模式就与科学家的培养模式相似。科学范式推动了科学的进步,也促进了人文社会科学的发展,但科学范式的大力实施把工程教育带入了新的困境。到20世纪70年代工程教育愈来愈偏向“科学化”^[3]。

然而,从20世纪80年代后期开始,由于工程教育偏离工程实践而使得工科毕业生的工程素质经常被企业、行业质疑,由此带来的后果越来越被工程教育界所重视。因此,从20世纪末开始到21世纪初,以美国为代表的工程教育界就提出了要“回归实践”的工程教育改革口号,吹响了新的革命号角。1994年,麻省理工学院的时任校长率先提出“工程教育必须更

密切地回到工程实践的根本上来”,开启了工程教育“回归工程”的先河,阻止了工程教育继续“科学化”的倾向。至此结束了“科学范式”近半世纪的“统治”,宣告工程教育走向“工程范式”的新时代。工程范式倡导工程教育的系统性和整体性,在注重实践的同时追求理论与实践的平衡,注重学生知识、素质、能力的协调发展,以尽可能地满足工程教育利益相关者的需求。

综上,美国工程教育范式演进历程可用图1表示,即 $E1 \rightarrow S1 \rightarrow ES$ 。不难看出,美国当时提出的工程教育“回归工程”并不是线性的回归,而是在以前的基础上更进一步的“螺旋式上升”的回归,这既注重了工程和科学的协调发展,又可以应对新出现的问题,迎接新的挑战。

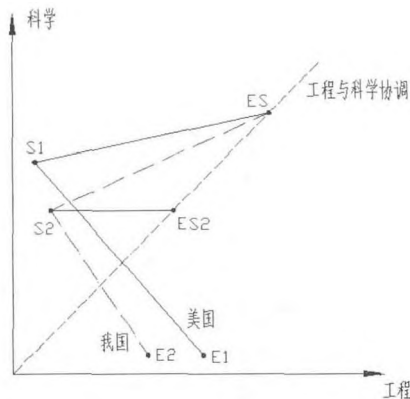


图1 中美两国工程教育演进曲线图

2. 中国工程教育的发展历程及其范式演进。

我国近代工程教育始于19世纪60年代的洋务运动时期。培养工程人才以“师夷长技以制夷”为主导思想,主要目的是从技术层面实现强国强军,在承受西方工业化的巨大冲击下开启了技术范式。在技术范式的发展阶段,相比西方国家通过工业发展推进工程教育革新的内源性发展路径,我国则是通过移植其他国家现有工程教育模式的外源性发展路径。

后来由于国力下降、外敌入侵、战事频仍,我国的高等教育深受其扰。为加快新中国建设事业的发展,包括教育在内的各行各业都卯足了劲。相对于美国工程教育循序渐进的发展历程,我国现代的工程教育起步晚,在经济社会发展和国际环境的影响下迅猛发展。如图1示,1952年,我国进行了全国性的院系调整,成立了大量的工科高校,这些高校的教育内容以工程技术和应用为主,进而造就了大批的社会主义事业建设者,为我国当时的经济发展和社会进步起到了不可或缺的重要作用。当时,我国工程教育主要实行的是技术范式(E2)。

改革开放促使了我国社会的快速进步和科学、经

济的快速发展。从20世纪90年代开始,我国就开始学习美国工程教育的“科学范式”,使得工科学生的科学教育不断加强(S2)。从发展时间来看,无论是技术范式还是科学范式,中国工程教育技术范式和科学范式的兴起时间均晚于美国。

在美国工程教育的“工程范式”进展得如火如荼之时,2013年2月的一项对企业雇主的问卷调查证实了我国的工程教育严重偏离了工程实践^[9]。总之,当前我国的工程教育还没完全进入工程范式阶段,有的甚至仍然还处于科学范式阶段,而对于回归到什么阶段的工程教育,大家也还没有统一的认识,即是回归到当前的工程教育,即 $E2 \rightarrow S2 \rightarrow ES2$ 的演进历程,还是赶上美国现在的定位,即 $E2 \rightarrow S2 \rightarrow ES$ 的演进历程,大家认识不一致。

三、当前工程教育范式转换的动因

(一) 工业革命的视角

1. 历次工业革命及其作用和意义。世界所经历的工业革命,有比较明显标志的有4次。每一次工业革命,既是一次生产力的巨大变革,又是一场深刻的社会变革,对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。(见表1)

2. 工业革命与工程教育范式的映射关系。工程教育的目的是为工业培养人才,也就是说工程教育要满足和服务于工业的需求。与工业革命相似,工程教育范式转换也有“革命性”的一面,这二者之间存在如

表1 历次工业革命及其作用和意义^{[10][11]}

工业革命	时间	标志	作用和意义
第一次	1769-1784年	英国珍妮纺纱机的发明以及瓦特发明蒸汽机	生产力发展方面,改变了生产技术、劳动工具和产业结构。社会变革方面,人口增加,社会阶级结构日益分裂为资产阶级和无产阶级
第二次	1870年	美国辛辛那提电力投入使用	促进了经济发展,产生了电子、电器、通讯、石油相关等新产业;资本主义进入帝国主义阶段,世界资本主义殖民体系初步形成
第三次	1969年	美国硅谷第一台可编程计算机诞生	本次工业革命与科技革命脉络相似,作用相当。生产技术进步、劳动者素质和技能提高、劳动手段改进提高了劳动生产率;第一、第二产业占国民经济的比重逐渐下降,而第三产业上升;科技水平的差距进一步拉大了发达国家和发展中国家的经济差距;生态环境恶化、自然资源和能源过度消耗等棘手的社会问题随之而来
第四次	2013年	德国汉诺威CPS系统	本次工业革命正在形成。这场革命的主要特征是数字制造、互联网、新材料和新能源等技术的融合,并将日益消除生物、物理和数字世界之间的隔阂。人类生活在互联互通的地球村,人工智能、物联网、4D打印、生物技术、量子计算等领域的突破为人类生活带来了更多的可能性

表2所示的映射关系。

表2 工业革命与工程教育范式的映射关系

工业革命	时间	映射媒介	工程教育范式	时间
第一次	1769—1784年	机械生产、技术精湛、工艺传承	技术范式	1852—1945年
第二次	1870年			
第三次	1969年	大型运算、科学分析	科学范式	1945—1994年
		工程问题解决	工程范式	1994—
第四次	2013年	跨界、融合、创新		

当前,第四次工业革命的大幕即将揭开,它不只是以数字制造、互联网和再生性能源等技术层面的重大创新与融合,以及各种新材料的综合应用,其实质是产业形态、工程技术和商业模式的综合变革;而且新工业革命所带来的工业进步及其对工程人才的要求都是“工程范式”无法适应的,“跨界、融合、创新”的映射媒介揭示着从工业革命的视角,为适应新工业革命的需求和挑战,工程教育范式应当转换。

(二) 科技革命的视角

1. 历次科技革命及其作用和意义。世界所经历的科技革命,有比较明显标志的有6次。每一次科技革命对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。(见表3)

2. 科技革命与工程教育范式的映射关系。科技革命为工业革命做好了铺垫和基础的准备,而工业革命又促进科技的进步和社会的发展。科技革命与工业革命相互交错产生,而且有的时候二者也基本重合说明了它们之间密不可分的关系。工程教育培养的人才

表3 历次科技革命及其作用和意义^[12]

科技革命	时间	标志	影响和结果
第一次	16至17世纪	近代物理学的诞生	建立了近代物理学的理论体系和实验研究方法
第二次	18世纪中后期	蒸汽机与机械革命	带动了煤炭、冶金、化工和运输等工业发展
第三次	19世纪中后期	电力与运输革命	发电机、电动机、内燃机的发明以及电讯技术还有钢铁、石化、汽车、飞机以及电气行业的大发展
第四次	20世纪上半叶	相对论与量子论等	确立了现代物理学,它使20世纪的物理学发生了一次重大的革命,极大地改变了人们旧的物理观,使人们对物质世界的认识前进了一大步
第五次	20世纪中期	电子技术与自动化	促使电子技术、计算机、控制技术以及核能、航天、自动化行业大发展
	20世纪中后期	信息技术与网络化	促使了微电脑、信息技术、数据库以及生物、材料和制造业的创新和发展,引起了产业结构的新变化
第六次	21世纪中期	新生物学革命,新生命、生物与技术融合	预期影响:是改变人类的科技革命,将彻底改变人类的生活观念和模式,人类社会将更公平

不仅要满足和服务于工业的需求,也要服务于科技的发展和需求。因此,与工业革命相似,科技革命与工程教育范式转换之间也存在如表4所示的映射关系。

表4 科技革命与工程教育范式的映射关系

工业革命	时间	科技革命	时间	映射媒介	工程教育范式	时间
第一次	1769—1784年	第一次	16至17世纪	为机器、电气等设备生产提供技术支持 为精密仪器设备研发提供支持 为新兴产业提供支持	技术范式	1852—1945年
		第二次	18世纪中后期			
第二次	1870年	第三次	19世纪中后期			
		第四次	20世纪上半叶			
第三次	1969年	第五次	20世纪中期			
			20世纪中后期			
第四次	2013年	第六次	21世纪中期	多技术融合、创新	工程范式	1994—

第六次科技革命即将到来,它是在前5次科技革命基础上,以新能源技术、新通讯技术、新材料技术等多种技术的融合、创新来带动新生物学革命,并指向更高级的人工智能,而且新科技革命所带来的科技发展和社会进步也强有力地支持着工业的进步,这些对包括工程人才在内的各类人才提出了新的挑战和要求,也是“工程范式”无法适应的,“多技术融合、创新”的映射媒介揭示着从科技革命的视角,为适应新科技革命的需求和挑战,工程教育范式应当转换。

(三) 大学范式转换的视角

1. 历次大学范式转换及其作用和意义。世界所经历的大大学范式转换,有比较明显标志的有4次。大学功能从以前的知识传承、人才培养,到现在的人才培养、科学研究、社会服务、文化传承,无疑都是非常巨大的进步和发展,这对人类文明和社会进步起到了非常重要的作用。(见表5)

2. 大学范式转换与工程教育范式的映射关系。大学阶段的工程教育是隶属于大学教育的,其目的是为工业培养素质高、能力强的高级工程人才。毋庸置疑,这二者之间存在映射关系。(见表6)

大学已进入融合创新的4.0范式,作为大学教育一部分的工程教育也没有理由不进行范式转换。因此,从大学范式的视角,为适应新工业革命的需求和挑战,工程教育范式应当转换。

(四) 三种新工业模型重新定义的“工程”

1. 新“工程”的目标和特点。无论是美国的工业互联网^[13]、德国的工业4.0^[14]还是我国的“中国制造2025”^[15],这3种新工业模型都重新定义了新的“工程”,无论是工业互联网、工业4.0,还是中国制造

表5 历次大学范式转换

大学范式	时间	主要功能	典型代表	备注
大学1.0	11世纪初—18世纪60年代以前	知识传承,只有教学的功能。知识传承是通过人才培养进行的,所以又把知识传承功能称为人才培养功能。在这个阶段,科学还处在雏形之中,人文知识,尤其是宗教文化知识是大学传授的主要知识	神学院	起源于11世纪初产生的中世纪大学,包括巴黎大学、博洛尼亚大学、萨莱诺大学等
大学2.0	18世纪60年代—20世纪20年代	具有人才培养和科学研究两项功能。第一次工业革命爆发催生了现代意义上的科学体系,并作为独立的门类进入大学。科学研究在大学功能中所占的比重日益增大	德国洪堡大学	1880年后该校进行的科学研究开创了大学的科学研究功能,并逐渐发展成为洪堡精神
大学3.0	20世纪20年代—本世纪初	具有人才培养、科学研究和社会服务三项功能。从1880年开始,很多美国留学德国的“德归派”,把德国大学的科学研究带到了美国。从1920年开始,美国大学开展的科学研究开始面向社会现实,在大企业、大农场中寻找研究的课题,科学研究的社会服务功能由此产生。二战结束后,大学功能已经由人才培养拓展到科学研究和社会服务	美国的大学	社会服务的收入占高校总收入的1/3左右。社会服务包括:成果转化、继续教育、智库咨询(或加上横向科研)
大学4.0	本世纪初—	具有人才培养、科学研究、社会服务融合创新四项功能。大学将作为社会创新的平台和发动机	斯坦福大学	硅谷

表6 大学范式转换与工程教育范式的映射关系

大学范式	时间	映射媒介	工程教育范式	时间
大学1.0	11世纪初—18世纪60年代以前	传授(知识、技能),学习	技术范式	1852—1945年
大学2.0	18世纪60年代—20世纪20年代			
大学3.0	20世纪20年代—本世纪初	科学研究,服务	科学范式	1945—1994年
大学4.0	本世纪初—	服务社会,创新	工程范式	1994—
		融合创新		

2025,都有一个共同的目标就是要实现智能生产和智能制造,而为了实现这一目标,将机器、数据、技术进行有效的集成并促进融合,由智能设备集成智能系统,辅以人工智能帮助我们实现智能决策,并在此基础上进行新的创新,此即是这种新“工程”的特点——“集成与融合”和“智能与创新”^[16]。

2. 新“工程”与工程教育范式转换。从三种新工业模型重新定义的新“工程”的内涵和特点来看,其对包括工程人才在内的各类人才提出了新的挑战和要求,因此,其对工程教育的要求已不是当前的工程教育范式——“回归工程”所能适应的,“集成与融合”“智能与创新”的特点揭示着从新“工程”的视角,为适应新“工程”的需求和挑战,工程教育范式应当转换。

四、新的工程教育范式——融合创新范式

新的工程教育范式要求工程教育不仅要体现“回归工程实践”的要求,更重要的是要体现工业革命的需求、科技革命的趋势,而且要与当前的大学范式相适应。综合以上的分析,新的工程教育范式可归纳为

“融合创新”范式。

(一)内涵

“融合创新”范式是指工程教育要将各种创新要素创造性地进行融合,使各要素之间互补匹配、互相支撑,进而使整个系统的整体功能从量的叠加到质的飞跃,形成独特的、不可复制的创新能力和核心竞争力^[15]。这里所说的“融合创新”与经济学家熊彼特在其名著《经济发展理论》中所提的“融合创新”并不是一个涵义。这一范式以“创新”为目标,将参与工程教育的各方以及影响工程教育的诸要素进行创造性地、效果最大化地融合,以使工程教育满足工程技术、产业形态、商业模式的基本要求,使工程人才能够认知、

并通过进一步学习迅速掌握其所遇到问题的解决思路和办法。这个范式需要用广义的课程(包括课程、项目、实践、实习、创业等,均认可并给予学分)来实现。因此,“融合创新”范式要求工程教育的目标、内容、工程人才培养模式,都要实现工程技术与产业形态和商业模式的融合,该范式比“工程范式”所要求的“回归工程实践”更为复杂与深化。

(二)特征

1. 体现融合。首先,与新工业革命、科技革命、大学范式的高度融合。工程教育是服务于工业、服务于社会的。如前所述,无论是新的一次工业革命浪潮即将到来,还是新工业模型定义的新的“工程”的影响,以及新的一次科技革命大幕即将拉开,它们对工程教育的要求既相似但又不尽相同,而且当前大学的范式已经进入新的范式,工程教育范式唯有体现“融合”方可满足多方面的要求和影响。其次,体现工程与技术、产业形态、商业模式、商业过程的深度融合。工业革命和科技革命带来技术进步、产业形态、商业模式和商业过程变化,工程也与技术、产业形态、商业模式和商业过程出现了不同程度的交叉融合。工程教育范式唯有体现“融合”方可满足未来工程、技术、产业与商业的密不可分。第三,体现工程人才与商业人才培养的融合。由于新工业革命的要求,以及技术进步和产业形态、商业模式和商业过程的变化,社会将更加需要既具有工程知识、能力、素质的人才,又具有商业知识、能力、素质的人才;新工业革命背景下的工程教育,其育人的出发点不再仅仅限于原有的教育过程,

而应当以“回归工程”为基础,结合商业过程、商业模式等元素,进而最终实现将这两种类型的人才培养有机结合起来,培养出工商融合型人才。

2. 注重创新。首先,工程教育的本质和灵魂就是创新和创造力。因此,创新精神和创造力培养的理念就贯穿于工程教育的全过程,方法就应该落实于工程教育参与各方的措施和行动中,工程教育要培养学生勇于创造美好事物的愿望和方法,鼓励并允许学生犯错。其次,工程人才培养理念层面的创新。无论是新工业革命以及新的工业模型的产生、内涵及其实现,或是第六次科技革命或大学范式4.0时代的到来,均需要大胆的创新,也揭示工程人才的培养需要基于创新的理念。也就是说,工程人才培养的指导思想、认识与定位等理念层面的内容均需要从创新的角度来要求和实现。第三,工程人才培养实施层面的创新。在工程人才培养理念创新的指引下,包括培养目标、毕业要求、培养方案、课程体系、教学内容、教学方法、考核评价等工程人才培养实施层面的内容,也都需要根据具体情况进行创新。

(三)融合创新范式的实现

作为一种全新的工程教育范式,融合创新范式的实现需要做好以下几个方面的内容^{[17][18]}:

1. 思想认识与教育理念方面。思想上要充分认识网络化、大数据、大科学、大工程、大产业、新工业革命及当前我国社会的时代特征和背景,并将其融入到教育理念中,成为指引我们行动的指南。

2. 培养目标和毕业要求方面。基于专业认证理念,根据时代特征和新工业革命的发展对学生知识、能力和素质的要求,按主题而非学科逻辑来重构专业,用成果导向替代学科导向来重构工程人才培养目标,根据培养目标进行知识、能力、素质矩阵的拆分,重构知识、能力和素质体系,强化基础学科知识、工程知识、实践动手能力和创新意识的培养^[19]。

3. 培养方案与课程体系方面。学生在高校的学习过程要再现科学技术发展的过程、再现职业发展的过程、再现工程的过程(即CDIOR的全过程)^[19]。因此,我们需要根据培养目标和毕业要求重新修订人才培养方案,用过程式或模块+过程式课程体系构建的原理,按照“三周期模式”(即工程或产品的全生命周期、学生的认知周期和在校学习周期),用广义的课程(包括课程、项目、实践、实习、创业等,均认可并给予学分),把符合学生认知规律的工程按从简单到中等复杂到复杂的模块逐层递进,并根据学生的学习负荷均衡地分配在学生的在校学习时间中。同时,要制定

切实可行的保障措施保证其顺利、有效地实施。

4. 教学模式方面。根据“基于工业价值链的工程人才培养模式创新”^[18]的理念和要求,创新教学模式,由以教师为中心转向以学生为中心。一方面探索实施科教融合、成果导向式、混合式、项目式等理论课的教学模式;另一方面建立“政产学研用”联合的平台,开创真实的实践教学环境,搭建虚拟仿真的实践教学平台,同时尝试开展基于“互联网+教学”教学模式的探索与实践,积极利用“互联网+教学”的模式大力改造传统的教学模式,以培养满足国家新型工业化发展,服务创新驱动发展战略,面向新工业革命的创新型、复合型工程人才的要求。

5. 搭建工程教育利益相关者平台方面。所谓工程教育利益相关者即政府、生产单位、高校、科研机构、用人单位、学生及其家庭。要建立健全多元主体责任共担、利益共享的机制和法律法规,要求行政部门简政放权,营造行业、企业负有参与工程教育社会责任和义务的环境和氛围,树立行业、企业的主人翁意识,并切实参与高校人才培养的过程,允许行业、企业组织、参与学生执业资格的考核或认定,保证学校、学生受益,行业、企业获利,以此搭建工程教育利益相关者共同参与的平台,提高工程教育质量。

(李茂国,重庆大学副校长,重庆 400044;朱正伟,重庆大学土木工程学院研究员、博士生导师,重庆大学东西部高校课程共享联盟秘书处副秘书长,重庆 400044)

参考文献

- [1] 习近平致首届世界互联网大会贺词[EB/OL].(2014-11-19)[2017-2-8]http://news.xinhuanet.com/live/2014-11/19/c_127228771.htm.
- [2] 陶永建.学习科学视域下的高等工程教育范式研究[J].高等工程教育研究,2012(3).
- [3] 项 聪.设计范式:工程教育发展的应然选择[J].高等工程教育研究,2014(6).
- [4] Verganti R. Design, Meanings, and Radical Innovation: A Meta-model and a Research Agenda[J]. Journal of Product Innovation Management, 2008.25(5).
- [5] 王翠霞,叶伟巍,范晓清.创新模式演进与工程教育范式优化[J].高等工程教育研究,2013(4).
- [6] 叶 民,叶伟巍.美国工程教育演进史初探[J].高等工程教育研究,2013(2).
- [7] 吴 琼.“文本”到“人本”——高校思想政治教育范式转换研究[D].上海:复旦大学,2007.
- [8] 教育部高等教育教学评估中心.中国工程教育质量报告

- (2014年度)——面向工业界 面向世界 面向未来[M].北京:教育科学出版社,2016:67-69.
- [9] 崔军,汪霞. 社会对高等工程教育课程改革的诉求研究——基于工业界企业雇主的调查[J]. 高等工程教育研究, 2013(2).
- [10] 龚奇柱. 世界历史(九年级上册)[M]. 成都:四川教育出版社,2015:110-120.
- [11] 龚奇柱. 世界历史(九年级下册)[M]. 成都:四川教育出版社,2016:136-144.
- [12] 何传启. 科技革命与世界现代化——第六次科技革命的方向和挑战[J]. 科技导报,2012(9).
- [13] Evans P C, Annunziata M. Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines[EB/OL]. (2012-11-26) [2016-11-16] http://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf.
- [14] VDI/VDE. Industrie 4.0 Statusreport, Wertschöpfungsketten [EB/OL]. (2014-4) [2016-11-18] https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/sk_dateien/VDI_Industrie_4.0_Wertschoepfungsketten_2014.pdf.
- [15] 国务院关于印发《中国制造 2025》的通知(国发〔2015〕28号)[Z]. 2015.
- [16] 朱正伟,周红坊,李茂国. 面向新工业体系的新工科[J]. 重庆高教研究,2017(3).
- [17] 李茂国,等. 面向新工业革命的工程教育体系研究[R]. 教育部人文社会科学研究专项任务项目(工程科技人才培养研究)研究报告,2016:111-113.
- [18] 李茂国,朱正伟. 基于工业价值链的工程人才培养模式创新[J]. 中国高教研究,2016(12).
- [19] 李茂国,朱正伟. 面向工程过程的课程体系研究[J]. 高等工程教育研究,2014(4).

Engineering Education Paradigm: from “Returning of Engineering” to “Fusion Innovation”

Li Maoguo Zhu Zhengwei
(Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract: The engineering education paradigm of “Returning of Engineering” has been implemented for more than 20 years since it was put forward in 1990s. At present, the wave of new industrial revolution is about to come, and its essence is the comprehensive transformation of the industrial structure, engineering technology and business model. This paper presents the development history of Chinese and American engineering education and their paradigm transformation and the evolution progress. A new paradigm for the Engineering education——“Fusion Innovation” paradigm has been established, based on analysis on the perspective from the perspective of the industrial revolution, revolution in science and technology, paradigm of university conversion, and from the three new industrial model re-definition of engineering. The features and realization approaches of the ‘Fusion Innovation’ paradigm are also elucidated.

Key words: new industrial revolution; engineering education paradigm; returning of engineering; fusion innovation